



<b>(51) Internationale Patentklassifikation 7 :</b> <b>F02F 1/20</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 00/37789</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 29. Juni 2000 (29.06.00)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP99/09467 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 3. Dezember 1999 (03.12.99)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 198 60 299.5      18. Dezember 1998 (18.12.98)    DE 199 46 076.0      25. September 1999 (25.09.99)      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-38436 Wolfsburg (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> SCHLEGEL, Udo [DE/DE]; Liebermannstrasse 11, D-38159 Vechelde (DE). VOGEL-SANG, Reinhard [DE/DE]; Fasanenweg 18, D-38226 Salzgitter (DE).  <b>(74) Gemeinsamer Vertreter:</b> VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT; Brieffach 1770, D-38436 Wolfsburg (DE).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> BR, CN, CZ, IN, JP, KR, MX, PL, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>

**(54) Title:** CYLINDER HOUSING AND METHOD FOR PRODUCING A CYLINDER HOUSING

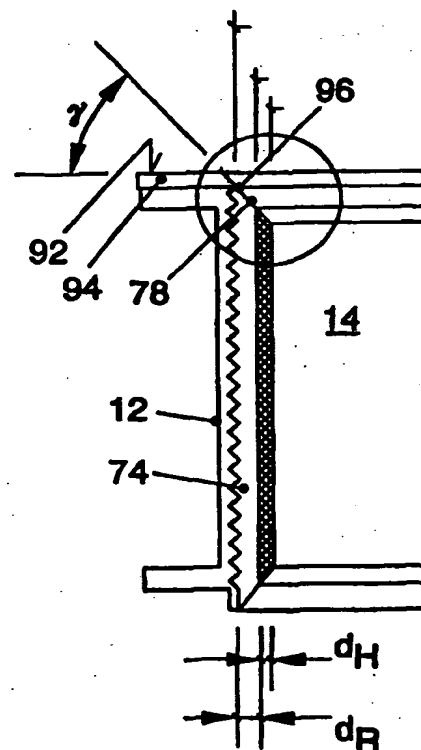
**(54) Bezeichnung:** ZYLINDERGEHÄUSE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ZYLINDERGEHÄUSES

**(57) Abstract**

The invention relates to a cylinder crankcase, especially designed for an internal combustion engine, comprising at least one cylinder bore that receives a piston. According to the invention, the cylinder bore (14) has an inlet bevel (78) on a cylinder head surface (92) of the cylinder crankcase (12) and the bearing surface (70) of the cylinder is provided with a thermal coating (74) up to a transition area with the inlet bevel (78).

**(57) Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Zylinderkurbelgehäuse, insbesondere für eine Verbrennungskraftmaschine, mit wenigstens einer Zylinderbohrung zur Aufnahme eines Kolbens. Es ist vorgesehen, daß die Zylinderbohrung (14) an einer Zylinderkopffläche (92) des Zylinderkurbelgehäuses (12) eine Einlauffase (78) aufweist, und die Zylinderlauffläche (70) bis zu einem Übergang zu der Einlauffase (78) mit einer thermischen Beschichtung (74) versehen ist.



# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## **Zylindergehäuse und Verfahren zur Herstellung eines Zylindergehäuses**

Die Erfindung betrifft ein Zylinderkurbelgehäuse, insbesondere für eine Verbrennungskraftmaschine, mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen und ein Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkurbelgehäuses mit den im Oberbegriff des Anspruchs 5 genannten Merkmalen.

Aus der US-PS 5,080,056 ist bekannt, auf aus einer Aluminium-Legierung oder aus einer Magnesium-Legierung bestehende Werkstücke durch Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen eine Aluminium-Bronze-Legierung aufzubringen, deren Schichtdicke anschließend durch Honen auf ein Endmaß bearbeitet wird.

Ferner ist aus der US-PS 2,588,422 ein Aluminium-Motorblock bekannt, dessen Zylinderlaufbahnen eine thermisch gespritzte Beschichtung aufweisen. Schließlich sind aus der GB 2 050 434 A verschiedene, durch thermisches Spritzen erhaltene Beschichtungen bekannt. Diese Beschichtungen befinden sich auf Stahl- oder Gußteilen von Brennkraftmaschinen, wie beispielsweise Kolbenringen oder Zylinderlaufbüchsen. Eine weitere Beschichtung für Zylinderlaufbüchsen ist aus der DE AS 21 46 153 bekannt, in der eine Plasmabeschichtung beschrieben ist.

Allgemein ist bekannt, mittels einer thermischen Beschichtung eine Oberflächenvergütung zu erzielen. Bei einer derartigen thermischen Beschichtung, beispielsweise einer Plasmabeschichtung, wird ein Beschichtungsmaterial, insbesondere ein Metall, in Pulver- oder Stabform einer Flamme zugeführt, in dieser aufgeschmolzen und auf einem Substrat niedergeschlagen. Je nach verwendetem Beschichtungsmaterial und eingesetzter Umgebungsatmosphäre können Beschichtungen mit unterschiedlichen Eigenschaften, insbesondere mit gewünschten Gleiteigenschaften, Härteeigenschaften, Schichtdicken oder dergleichen, erzielt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Zylinderkurbelgehäuse der gattungsgemäßen Art zu schaffen, das sich durch eine präzise Führung für Zylinderkolben auszeichnet. Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein

Verfahren der gattungsgemäßen Art anzugeben, mit dem eine präzise Herstellung von Zylinderkurbelgehäusen möglich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Zylinderkurbelgehäuse mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, daß die wenigstens eine Zylinderbohrung an einer Zylinderkopffläche des Zylinderkurbelgehäuses eine Einlauffase aufweist, und die Zylinderlauffläche bis zu einem Übergang zu der Einlauffase mit einer thermischen Beschichtung versehen ist, wird vorteilhaft erreicht, daß durch die thermische Beschichtung einerseits hervorragende Gleit/Laufeigenschaften der Zylinderkolben in den Zylinderbohrungen erreicht werden und durch die gleichzeitig vorgesehene Einlauffase andererseits eine exakte Einführung eines Nachbearbeitungswerkzeuges, insbesondere einer Reibahle zum Honen (Feinschlichten) der Zylinderlaufflächen erfolgen kann. Dieses exakte Einführen der Nachbearbeitungswerkzeuge durch die Einlauffase führt zu einer besonders optimalen Bearbeitung der Zylinderlaufflächen. Insbesondere dadurch, daß die Einlauffase die thermische Beschichtung nicht aufweist und die Zylinderlaufflächen die thermische Beschichtung aufweist, wird erreicht, daß während der Nachbearbeitung der Zylinderlauffläche, insbesondere an ihrem Übergang zur Zylinderkopffläche, keine Beschädigungen, wie beispielsweise Schichtablösung oder dergleichen, entstehen können. Die nachgearbeiteten Zylinderlaufflächen zeichnen sich dadurch bis hin zu ihrem Übergang in die Einlauffase durch eine, eine hohe Haftzugfestigkeit aufweisende thermische Beschichtung aus.

Insbesondere ist in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß die thermische Beschichtung an ihrem oberen Abschluß eine mit der Einlauffase korrespondierende Fase aufweist. Hierdurch wird vorteilhaft erreicht, daß innerhalb der Einlauffase kein sprunghafter Übergang von dem Material des Zylinderkurbelgehäuses zu der thermischen Beschichtung besteht. Hierdurch besitzt die nachgearbeitete Zylinderlauffläche die optimalen Gleit- beziehungsweise Laufeigenschaften.

Insbesondere wird durch die quasi zusammengesetzte Einlauffase auch vorteilhaft erreicht, daß während der Montage der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere dem Einführen der Zylinderkolben mit ihren Kolbenringen in die Zylinderbohrungen, eine exakte Führung gegeben ist. Durch die Einlauffase kann ein selbstjustierendes Einführen der Zylinderkolben in die Zylinderbohrungen erfolgen, ohne daß ein Übergangsbereich zwischen der thermischen Beschichtung und der Zylinderkopffläche hierdurch einer mechanischen Belastung unterworfen wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe weiterhin durch ein Verfahren mit den in Anspruch 5 genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, daß die thermische Beschichtung der Zylinderlauffläche zusätzlich auf einem die Zylinderbohrung umgebenden Randbereich aufgebracht wird und der Randbereich zur Ausbildung einer Einlauffase teilweise abgetragen wird, wird vorteilhaft erreicht, daß in einfacher Weise die Einlauffase zum Einführen eines Nachbearbeitungswerkzeuges (Hochpräzisionsreibahle) und der Zylinderkolben während der Montage der Verbrennungskraftmaschine ausgebildet werden kann. Insbesondere sind hierdurch sprunghafte Übergänge in der Einlauffase zwischen dem Zylinderkurbelgehäuse und der thermischen Beschichtung vermieden. Diese können somit keine Angriffspunkte für eine mechanische und/oder chemische Beanspruchung während der Nachbearbeitung und während der Kolbenmontage beziehungsweise dem Betrieb der Verbrennungskraftmaschine geben. Hierdurch zeichnen sich die thermisch beschichteten Zylinderlaufflächen durch eine optimale Oberflächenbeschaffenheit aus, die zu einer hohen Standzeit der Verbrennungskraftmaschine führt. Beschädigungen der Zylinderlauffläche, insbesondere in deren kritischen Übergangsbereich zur Zylinderkopffläche, werden somit vermieden.

Die thermische Beschichtung wird zunächst aufgetragen und anschließend im Bereich der Einlauffase entfernt. Hierdurch ergeben sich neben den Vorteilen der Einlauffase technologische Vorteile bei der Fertigung.

Bevorzugt ist vorgesehen, daß der Randbereich um die Zylinderlauffläche vor Aufbringen der thermischen Beschichtung gebrochen wird. Hierdurch wird eine Kerbwirkung des Randbereiches ausgeschlossen, die zu Abplatzungen, Rissen oder dergleichen innerhalb der thermischen Beschichtung führen können.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1            eine schematische Ansicht einer Bearbeitungsstation zum thermischen Beschichten von Zylinderkopfbohrungen;

- Figur 2 eine schematische Seitenansicht eines Bearbeitungsabschnittes der Bearbeitungsstation;
- Figur 3 eine schematische Draufsicht auf den Bearbeitungsabschnitt gemäß Figur 2;
- Figur 4 eine schematische Teilansicht einer Zylinderbohrung während einer Bearbeitung;
- Figur 5 eine thermisch beschichtete Zylinderlaufläche vor der Endbearbeitung und
- Figur 6 eine thermisch beschichtete Zylinderlaufläche nach der Endbearbeitung.

Figur 1 zeigt schematisch eine Bearbeitungsstation 10 zum thermischen Beschichten von Zylinderlauflächen von Zylinderkurbelgehäusen 12. Hierbei ist lediglich teilweise jeweils ein Zylinderkurbelgehäuse 12 angedeutet, wobei dieses ebenfalls lediglich angedeutete Zylinderbohrungen 14, hier vier, aufweist. Mittels der Bearbeitungsstation 10 sollen die, die Zylinderbohrungen 14 begrenzenden Wände, also die Zylinderlauflächen, beschichtet werden. Die Beschichtung erfolgt mittels einer Plasmabeschichtungstechnik. Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird auf den eigentlichen Vorgang des Plasmabeschichtens nicht näher eingegangen, da dieser bekannt ist.

Die Zylinderkurbelgehäuse 12 werden mittels einer Transportstrecke 16, beispielsweise einer Rollenbahn oder dergleichen, durch die Bearbeitungsstation 10 bewegt. Die Bearbeitungsstation 10 umfaßt Bearbeitungsabschnitte 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34 und 36, 37 und 39. Nachfolgend soll auf die einzelnen Bearbeitungsabschnitte kurz eingegangen werden.

In der Figur 1 wurde auf die Darstellung von Details, wie Antriebe, Schleusen, Zu beziehungsweise Abführungen für Gase, elektrische Energie beziehungsweise anderer Medien, Steuer- und Überwachungseinrichtungen oder dergleichen, aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Der Bearbeitungsabschnitt 18 umfaßt eine Zuführstation, bei der die Zylinderkurbelgehäuse der Bearbeitungsstation 10 übergeben werden. Die Zylinderkurbelgehäuse 12 sind in hier nicht näher zu betrachtender Weise bereits

gefertigt und mit allen notwendigen Funktionselementen, wie beispielsweise Zylinderbohrungen, Kühlmittelkanälen, Paßbohrungen oder dergleichen, fertig mechanisch bearbeitet.

Der Bearbeitungsabschnitt 20 umfaßt eine Wasch- beziehungsweise Reinigungsstation, innerhalb der die Zylinderkurbelgehäuse spänefrei und ölfrei komplett gewaschen werden. Ferner erfolgt eine Trocknung und eine absolute Entfettung der zu beschichtenden Zylinderlaufflächen. Die Späne- und Ölfreiheit wird beispielsweise durch eine Injektions-Flut-Waschung erreicht, wobei kritische Bereiche, wie Hinterschneidungen, Bohrungen, Hohlräume oder dergleichen, durch ein gezieltes Injizieren einer Waschlauge mit Hochdruck gereinigt werden. Das Entfetten erfolgt beispielsweise durch Heißdampf, der beispielsweise durch entsprechend ausgebildete Lanzen auf die Zylinderlaufflächen des Zylinderkurbelgehäuses 12 geleitet wird. Der Heißdampf besitzt beispielsweise eine Austrittstemperatur von 120 °C bis 160 °C und wird bei einem Austrittsdruck von zirka 120 bis 180 mbar eingebracht. Die anschließende Trocknung der Zylinderkurbelgehäuse erfolgt vorzugsweise unter Vakuum, beispielsweise bei einem Unterdruck von 80 bis 120 mbar.

Im Bearbeitungsabschnitt 22 erfolgt ein sogenanntes Schablonieren der Zylinderkurbelgehäuse 12. Hier werden die zuvor gereinigten und getrockneten Zylinderkurbelgehäuse 12 mit einer Abdeckschablone 38 versehen. Die Abdeckschablone 38 besitzt hier angedeutete Öffnungen 40. Die Öffnungen 40 fluchten mit den Zylinderbohrungen 14, so daß bei Aufbringen der Abdeckschablone 38 die Zylinderbohrungen 14 durch die Öffnungen 40 von oben zugänglich bleiben. Die Abdeckschablone 38 ist so ausgebildet, daß sämtliche weiteren Bereiche der Zylinderkurbelgehäuse 12 durch diese abgedeckt sind. Dies betrifft insbesondere Kühlmittelkanäle, Paßbohrungen oder dergleichen. Die Abdeckschablone 38 kann hierbei manuell oder durch einen entsprechenden Greifer oder dergleichen auf die Zylinderkurbelgehäuse 12 aufgelegt werden. Hierbei besitzt die Abdeckschablone 38 eine exakte plane Unterseite, die auf der bereits plan gefrästen Zylinderkopffläche des Zylinderkurbelgehäuses 12 aufliegt. Zur Fixierung der Abdeckschablone 38 kann diese hier im einzelnen nicht dargestellte Fixierstifte aufweisen, die beispielsweise in im Zylinderkurbelgehäuse 12 sowieso vorhandenen Paßbohrungen, beispielsweise zum späteren Befestigen eines Zylinderkopfes, eingreifen. Die Abdeckschablone 38 besteht aus einem Material, das gegenüber der nachfolgenden Bearbeitung resistent ist. Diese besitzt insbesondere eine genügend große Festigkeit gegenüber einem Sandstrahlgriff und gegenüber einer Plasmabehandlung und dergleichen. Die Abdeckschablone 38 liegt

hierbei lediglich durch ihr Eigengewicht auf dem Zylinderkurbelgehäuse 12 auf. Durch die sich gegenüberliegenden, planen Seiten wird jedoch eine dichte Auflage erreicht, so daß ein Spalt zwischen der Zylinderkopffläche des Zylinderkurbelgehäuses 12 und der Unterseite der Abdeckschablone 38 im wesentlichen dichtend ausgebildet ist. Nach diesem Schablonieren in dem Bearbeitungsabschnitt 22 wird das mit der Abdeckschablone 38 versehene Zylinderkurbelgehäuse 12 durch die nachfolgenden Bearbeitungsabschnitte 24, 26, 28, 30 und 32 geführt.

Im Bearbeitungsabschnitt 24 erfolgt ein Sandstrahlen der Zylinderbohrungen 14. Dieses Sandstrahlen erfolgt, um eine Rauigkeit der Zylinderlaufflächen zu erzielen, damit die in dem Bearbeitungsabschnitt 32 erfolgende Plasmabeschichtung die notwendige Haftzugfestigkeit erhält. Zum Sandstrahlen wird wenigstens eine Strahlanze, gegebenenfalls zwei oder auch mehr Strahlitzen, gleichzeitig oder nacheinander in die Zylinderbohrungen 14 eingeführt. Hierbei greifen die Lanzten durch die Öffnungen 40 der Abdeckschablone 38 durch. Das Sandstrahlen erfolgt beispielsweise mit Aluminiumoxid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mit einer Körnung von 0,18 bis 1,18 mm je nach geforderter Oberflächenrauigkeit bezogen auf die Substratierung der Zylinderkurbelgehäuse beziehungsweise Haftzugfestigkeit der späteren Plasmabeschichtung. Bei Zylinderkurbelgehäusen mit vier Zylinderbohrungen 14 erfolgt das Sandstrahlen vorzugsweise mit einer Doppel-Sandstrahleinheit, die zwei Sandstrahlitzen aufweist. Hierbei erfolgt beispielsweise das gleichzeitige Sandstrahlen der Zylinderbohrungen 1 und 3, das heißt nicht unmittelbar benachbarter Zylinderbohrungen 14. Hierdurch wird eine bessere Handhabung bei relativ beengt zur Verfügung stehenden Platzverhältnissen, die sich nach dem Stichmaß der Zylinderbohrungen 14 richten, möglich. Ferner wird hierdurch die Bearbeitung für ein komplettes Zylinderkurbelgehäuse halbiert, da zwei Zylinderbohrungen gleichzeitig bearbeitet werden. Sind die Zylinderbohrungen 1 und 3 gestrahlt, wird entweder das Zylinderkurbelgehäuse 12 oder die Sandstrahleinheit um das Stichmaß der Zylinderbohrung 14 verfahren, so daß dann die Zylinderbohrungen 2 und 4 sandgestrahlt werden können. Das Sandstrahlen erfolgt hierbei durch die Öffnungen 40 der Abdeckschablonen 38 hindurch, das heißt, die Strahlitzen werden durch die Abdeckschablone 38 hindurch in die Zylinderbohrungen 14 eingeführt. Durch die Abdeckschablone 38 werden alle weiteren Bereiche der Zylinderkurbelgehäuse 12 geschützt, so daß diese nicht mit dem unter Druck eingebrachten Sandstrahlmittel in Berührung gelangen, so daß deren Oberflächen keinerlei Beeinträchtigung erfahren. Die Einwirkung der Sandstrahlung erfolgt ausschließlich auf die Zylinderlaufflächen der Zylinderbohrungen 14.



Anschließend werden die sandgestrahlten Zylinderkurbelgehäuse 12 in dem Bearbeitungsabschnitt 26 gereinigt, indem durch das Sandstrahlen sich abgesetzter Staub, insbesondere Feinststaub, aus den Zylinderbohrungen 14 entfernt wird. Dies kann beispielsweise durch gereinigte (partikelfreie), entölte und wasserfreie Druckluft, beispielsweise mit einem Druck von zirka 5 bis 6 bar, bei gleichzeitigem Absaugen der Stäube erfolgen. Hierbei erfolgt ein gleichzeitiges Reinigen, das heißt Ausblasen und Absaugen, aller Zylinderbohrungen 14.

In dem Bearbeitungsabschnitt 28 erfolgt ein Ausmessen der Zylinderkurbelgehäuse 12, insbesondere eine Rauigkeitsmessung der Zylinderlaufflächen. Die Messung kann mittels geeigneter Einrichtungen, beispielsweise der Fotogrammetrie, einem Mikrospiegelmeßsystem oder einer Streifenlichtprojektion, vollautomatisch erfolgen. Hierbei kann eine Messung aller Zylinderbohrungen 14 oder stichprobenweise lediglich einer der Zylinderbohrung 14 oder eine Zylinderbohrung 14 jedes n-ten Zylinderkurbelgehäuses 12 erfolgen. Nach Messung der Zylinderkurbelgehäuse 12 werden diese in den Bearbeitungsabschnitt 30 überführt, innerhalb dem eine Markierung der Zylinderkurbelgehäuse 12 erfolgt. Ergibt die Messung, daß die Rauigkeit außerhalb der vorgegebenen Toleranzen liegt, kann das entsprechende Zylinderkurbelgehäuse 12 aussortiert und gegebenenfalls nochmals der Sandstrahlstation zugeführt werden. Allerdings ist die Anzahl der maximal möglichen Strahlvorgänge begrenzt. Wird ein fehlerhaftes Zylinderkurbelgehäuse ermittelt, kann die Häufigkeit der Rauigkeitsmessung erhöht werden.

Schließlich werden die Zylinderkurbelgehäuse in den Bearbeitungsabschnitt 32 überführt, in dem die eigentliche thermische Beschichtung der Zylinderlaufflächen erfolgt. Die Plasmabeschichtung erfolgt in an sich bekannter Weise, indem ein Beschichtungswerkstoff, insbesondere ein Metall, einer Flamme zugeführt wird, in dieser ausgeschmolzen und auf den Zylinderlaufflächen niederschlägt. Zusätzlich zu dem Beschichtungswerkstoff wird noch eine Beschichtungsatmosphäre, beispielsweise Sauerstoff und/oder Stickstoff oder ein anderes Prozeßgas zur Stabilisierung der Flamme und/oder zur Regelung des Oxidanteiles in der Plasmaschicht, zugeführt. Die Plasmabeschichtung der Zylinderlaufflächen kann hierbei für jede der Zylinderbohrungen 14 einzeln erfolgen oder, ähnlich wie beim Sandstrahlen, durch eine Doppel-Plasmaeinheit, mittels der zunächst die Zylinderbohrungen 1 und 3 und anschließend die Zylinderbohrungen 2 und 4 beschichtet werden. Durch die sich noch auf dem Zylinderkurbelgehäuse 12 befindliche Abdeckschablone 38 wird eine Beeinträchtigung,

insbesondere Verunreinigung, von nicht zu beschichtenden Bereichen der Zylinderkurbelgehäuse 12 sicher vermieden.

Nach der Plasmabeschichtung der Zylinderlaufflächen werden die Zylinderkurbelgehäuse in den Bearbeitungsabschnitt 34 überführt. Dieser kann gegebenenfalls Bestandteil einer Kühlzone sein. Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel ist zwischen dem Plasmabeschichten in dem Bearbeitungsabschnitt 32 und dem Bearbeitungsabschnitt 34 eine separate Kühlzone vorgesehen.

Im Bearbeitungsabschnitt 34 erfolgt eine Entnahme der Abdeckschablone 38. Diese wird entweder manuell oder durch Hilfseinrichtungen von dem Zylinderkurbelgehäuse 12 entnommen. Da die Abdeckschablone 38 lediglich durch ihr Eigengewicht auf dem Zylinderkurbelgehäuse 12 aufliegt, sind zusätzliche Maßnahmen zur Entnahme der Abdeckschablone 38 nicht notwendig. Schließlich wird das Zylinderkurbelgehäuse 12 in einem Bearbeitungsabschnitt 36 der Bearbeitungsstation 10 entnommen und einer weiteren Bearbeitung, in den Bearbeitungsabschnitten 37 und 39 zugeführt, in denen ein Anbringen einer Einlauffase an die Zylinderbohrungen 14 und ein anschließendes Honen erfolgt. Anhand der Figuren 4 bis 6 wird hierauf noch näher eingegangen.

Ferner kann eine Markierung der Zylinderkurbelgehäuse 12 in dem Abschnitt 36 erfolgen. Eine Markierung der Zylinderkurbelgehäuse 12 erfolgt beispielsweise durch eine laufende Nummer oder dergleichen. Durch die Zuordnung einer laufenden Nummer jeder der Zylinderkurbelgehäuse 12 wird es möglich, neben einer Qualitätsüberwachung alle relevanten Prozeßparameter der Bearbeitungsstation 10 der laufenden Nummer des Zylinderkurbelgehäuses 12 zuzuordnen und diese in einem Anlagenrechner zu protokollieren. Mittels der protokollierten Prozeßparameter und der eindeutigen Zuordnung zu den Zylinderkurbelgehäusen 12 über die laufende Nummer ist eine spätere Fehleranalyse bei Beanstandungen jederzeit lückenlos möglich.

Während des Sandstrahlens und der Plasmabeschichtung ist vorgesehen, daß die Öffnungen 40 der Abdeckschablone 38 geringfügig größer sind als die Zylinderbohrungen 14, so daß eine entsprechende Kantenbeschichtung der die Zylinderbohrungen 14 umgebenden Randbereiche des Zylinderkurbelgehäuses 12 erfolgt. Hierdurch wird vorteilhaft erreicht, daß bei einem beispielsweise nachfolgenden Anfasen der Zylinderbohrung 18 die Plasmabeschichtung auf den Zylinderlaufflächen erhalten bleibt.

Bei dem zu Figur 1 erläuterten Ausführungsbeispiel ist davon ausgegangen worden, daß die Schablonierung der Zylinderkurbelgehäuse 12 während des gesamten Durchlaufes durch die Bearbeitungsabschnitte 24, 26, 28, 30 und 32 aufrechterhalten ist. Die Abdeckschablonen werden hierzu in dem Bearbeitungsabschnitt 22 aufgebracht und im Bearbeitungsabschnitt 34 entnommen. Somit müssen die gemäß diesem Ausführungsbeispiel verwendeten Abdeckschablonen 38 sowohl für das Sandstrahlen im Bearbeitungsabschnitt 24 und für das Plasmabeschichten im Bearbeitungsabschnitt 32 geeignet sein. Da es sich einerseits um ein materialabtragendes und andererseits um ein materialauftragendes Verfahren handelt, muß die Abdeckschablone 38 beiden an sich gegensätzlichen Verfahren gerecht werden.

Anhand der Figuren 2 und 3 wird in einem weiteren Ausführungsbeispiel das Schablonieren der Zylinderkurbelgehäuse 12 verdeutlicht. Hierbei ist jeweils eine schematische Seitenansicht und eine schematische Draufsicht des Bearbeitungsabschnittes 24 oder des Bearbeitungsabschnittes 32 dargestellt. Der grundsätzliche Aufbau innerhalb der Bearbeitungsabschnitte 24 und 32 ist gleich. Unterschiedlich sind lediglich einmal die Sandstrahleinrichtungen als Werkzeuge und andererseits die Plasmabeschichtungseinrichtungen als Werkzeuge. Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung soll jedoch hierauf nicht näher eingegangen werden. Entscheidend ist die Schablonierung der Zylinderkurbelgehäuse 12 sowohl beim Sandstrahlen im Bearbeitungsabschnitt 24 als auch beim Plasmabeschichten im Bearbeitungsabschnitt 32.

Gleiche Teile wie in Figur 1 sind mit gleichen Bezugszeichen versehen und nicht nochmals erläutert.

In der schematischen Seitenansicht in Figur 2 ist ein Zylinderkurbelgehäuse 12 auf einem Hubtisch 42 angeordnet. Der Hubtisch 42 ist in die Transportstrecke 16 integriert. Dies erfolgt derart, daß die Zylinderkurbelgehäuse 12 mittels der Transportstrecke 16 in die jeweiligen Bearbeitungsabschnitte 24 beziehungsweise 32 transportiert werden und dort mittels der Hubtische 42 in ihre jeweilige Bearbeitungsposition überführbar sind. Angedeutet ist ferner ein Bearbeitungswerkzeug 44, das jeweils eine Lanze oder nach den bereits erläuterten Ausführungsbeispielen zwei oder auch mehr Lanzen 46 aufweist. Die Lanzen 46 sind entweder zum Sandstrahlen bei dem Bearbeitungsabschnitt 24 oder zum Plasmabeschichten bei dem Bearbeitungsabschnitt 32 entsprechend ausgebildet.

Die Bearbeitungsstationen 24 beziehungsweise 32 umfassen ferner eine hier insgesamt mit 50 bezeichnete Einrichtung zum Schablonieren der Zylinderkurbelgehäuse 12. Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel in Figur 1 erfolgt hier das Schablonieren bearbeitungsbezogen einerseits in der Bearbeitungsstation 24 und andererseits in der Bearbeitungsstation 32. Die Einrichtung 50 umfaßt einen Drehteller 52, der mittels eines Antriebes 54 um seine Drehachse 56 in definierten Schritten verdrehbar ist. Der Drehteller 52 besitzt, wie die schematische Draufsicht in Figur 3 besser verdeutlicht, Aufnahmen 58 für jeweils eine Abdeckschablone. Anhand der Draufsicht wird deutlich, daß die Abdeckschablonen 38 lediglich die Öffnungen 40 aufweisen, die jeweils den Zylinderbohrungen 14 zugeordnet sind. Mittels des Antriebes 54 ist der Drehteller 52 definiert schrittweise verdrehbar. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind vier Schablonen 38 auf dem Drehteller 52 angeordnet, so daß dieser jeweils um 90° schrittweise verdrehbar ist. Der Einrichtung 50 ist eine angedeutete Reinigungseinrichtung 62, die beispielsweise einen Fräser 64 aufweisen kann, zugeordnet. Anstelle der Reinigungseinrichtung kann auch eine Einrichtung zum Austausch von Verschleißhülsen, die in der Schablone 38 angeordnet sind, vorgesehen sein. Ferner sind noch hier angedeutete Absaugungen 66 beziehungsweise 68 vorgesehen.

Die in den Figuren 2 und 3 dargestellte Einrichtung 50 zeigt folgende Funktion:

Mittels des Antriebes 54 wird immer genau eine Abdeckschablone 38 in eine Bearbeitungsposition gebracht. Hat die Abdeckschablone 38 ihre exakte Position erreicht, die über die Anschläge 60 definiert ist, wird mittels des Hubtisches 42 das Zylinderkurbelgehäuse 12 nach oben, das heißt gegen die Abdeckschablonen 38, verfahren. Hierdurch kommen die Öffnungen in der Abdeckschablone 38 und die Zylinderbohrungen 14 des Zylinderkurbelgehäuses 12 in eine fluchtende Position. Entsprechend dieser Position erfolgt mittels der Werkzeuge 44 entweder das Sandstrahlen gemäß Bearbeitungsabschnitt 24 oder das Plasmabeschichten gemäß Bearbeitungsabschnitt 32.

Wie Figur 3 verdeutlicht, befinden sich in dem Moment, wo eine Abdeckschablone 38 in ihrer Bearbeitungsposition ist, - in Uhrzeigersinn betrachtet - eine nächste Abdeckschablone 38 in einer Übergangsposition und eine Abdeckschablone 38 in einer der Reinigungseinrichtung 62 (beziehungsweise Hülsenaustauscheinrichtung) zugeordneten Position. Eine weitere Abdeckschablone 38 befindet sich zwischen der Reinigungsposition und der Bearbeitungsposition. Hierdurch wird erreicht, daß gleichzeitig, wenn eine Abdeckschablone 38 ihre Abdeckfunktion übernimmt, eine zweite,

nämlich dieser genau um 180° versetzt angeordnete Abdeckschablone 38, mittels der Einrichtung 62 gereinigt wird. Durch die Fräseinrichtung 64 kann beispielsweise eine Maßhaltigkeit der Öffnungen 40 der Abdeckschablonen 38 wiederhergestellt werden. Diese kann beispielsweise durch Ablagerungen während des Plasmabeschichtens beeinträchtigt sein. Die Maßhaltigkeit der Öffnungen kann auch durch Austausch entsprechender Verschleißhülsen in den Abdeckschablonen erreicht werden.

Nach erfolgtem Sandstrahlen beziehungsweise Plasmabeschichten eines Zylinderkurbelgehäuses 12 wird der Drehteller 52 jeweils um 90° verdreht, so daß jedes Zylinderkurbelgehäuse 12 eine neue (gereinigte) Abdeckschablone 38 zugeordnet bekommt. Hierdurch wird eine gleichbleibende Bearbeitungsqualität während des Sandstrahlens beziehungsweise Plasmabeschichtens sichergestellt. Es ist auch möglich, eine Reinigung oder einen Austausch der Abdeckschablone nach mehrmaliger Benutzung, beispielsweise nach fünf- bis zehnfacher Benutzung, durchzuführen.

Bei der Bearbeitungsstation 24 kann auf die Anordnung der Reinigungseinrichtung 62 verzichtet werden, da hier kein zusätzlicher Materialauftrag, der die Maßhaltigkeit der Öffnungen 40 beeinträchtigen könnte, erfolgt. Lediglich durch den Materialabtrag nicht mehr maßhaltige Abdeckschablonen 38 beziehungsweise Verschleißhülsen können ausgetauscht werden.

Durch die in den Figuren 2 und 3 dargestellte Einrichtung 50 wird in einfacher Weise ein automatisches Schablonieren der Zylinderkurbelgehäuse 12 möglich. Insbesondere wenn die Einrichtung 50 mit einem Anlagenrechner gekoppelt ist, kann ein exaktes, definiertes Positionieren der Abdeckschablonen 38 erfolgen, so daß eine gleichbleibende Qualität beim Sandstrahlen beziehungsweise beim Plasmabeschichten erzielbar ist.

In der Figur 5 ist in einer schematischen Vergrößerung das Zylinderkurbelgehäuse 12 ausschnittsweise im Bereich einer Zylinderbohrung 14 gezeigt. Anhand der schematischen Vergrößerung soll verdeutlicht werden, daß die zu beschichtende Fläche 70 in dem Bearbeitungsabschnitt 24 mit einer Aufrauhung 72 und in dem Bearbeitungsabschnitt 32 mit einer Beschichtung 74 versehen wurde. Auf dem Zylinderkurbelgehäuse 12 ist die Abdeckschablone 38 angeordnet, die im Bereich der Zylinderbohrung 14 die Durchgangsöffnung 40 aufweist. Die Durchgangsöffnung 40 ist - im Durchmesser gesehen - geringfügig größer als die Zylinderbohrung 14, so daß ein Rand 76 durch die Abdeckschablone 38 nicht abgedeckt ist. Der Rand 76 beträgt beispielsweise zwischen 2 und 3 mm. Durch Ausbildung des Randes 76 wird erreicht,

daß während des Sandstrahlens im Bearbeitungsabschnitt 24 und dem thermischen Beschichten im Bearbeitungsabschnitt 32 der Rand 76 mitbehandelt, das heißt mitaufgeraut und mitbeschichtet, wird. Hierdurch ergibt sich eine sehr gute Beschichtung auch im Bereich des Randes 76. Insbesondere für eine nachfolgende, anhand der Figuren 4 und 6 noch zu erläuternde Anbringung einer Einlauffase an den Zylinderbohrungen 14 wird erreicht, daß im Übergangsbereich zur Einlauffase ebenfalls eine Beschichtung 74 mit genügend großer Haftzugfestigkeit am Zylinderkurbelgehäuse 12 angeordnet ist. Eine umlaufende Kante 77 des Rades 76 wird vor der thermischen Beschichtung gebrochen. Hierbei entsteht eine Fase an der Kante 77 von beispielsweise  $< 0,1$  mm. Dies führt zur Vermeidung von Kerbwirkungen der Kante 77 in der Beschichtung 74. In Figur 5 ist eine Schichtdicke  $d_p$  der Beschichtung 74 angedeutet. Die Schichtdicke beträgt vor dem nachfolgenden Honen zirka 150 bis 210  $\mu\text{m}$ . Die Beschichtung 74 ist im Bereich des Randes 76 zirka 2 mm umlaufend, wie mit r angedeutet, ebenfalls ausgebildet.

Die derart beschichteten Zylinderkurbelgehäuse 12 werden anschließend in den Bearbeitungsabschnitten 37 und 39 weiter bearbeitet. Die Bearbeitungsabschnitte 37 und 39 können Bestandteil der Bearbeitungsstation 10 sein. Jedoch kann auch vorgesehen sein, daß diese getrennt von der Bearbeitungsstation 10 ausgebildet sind, so daß die beschichteten Zylinderkurbelgehäuse 12 zu den Bearbeitungsabschnitten 37 und 39 auf geeignete Weise transportiert werden.

Im Bearbeitungsabschnitt 37 erfolgt ein Anfasen der Zylinderbohrungen 14. Hierdurch kommt es zur Ausbildung einer Einlauffase 78. In Figur 4 ist das Anbringen der Einlauffase 78 schematisch angedeutet. Mittels eines hier nur teilweise dargestellten Werkzeuges 80 wird eine Schneidplatte 82 in der Mündung 84 der Zylinderbohrung 14 positioniert. Hierbei wird zunächst das Werkzeug 80 so weit in die Zylinderbohrung abgesenkt, daß eine Schneidfläche 86 der Schneidplatte 82 sich in axialer Richtung zur Zylinderbohrung 14 sich über die gesamte Höhe der späteren Einlauffase 78 erstreckt. Nach dieser Vorpositionierung des Werkzeuges 80 wird die Schneidplatte 82 radial entsprechend dem Pfeil 88 gegen den Rand 76 verfahren. Gleichzeitig wird das Werkzeug 80 entsprechend dem angedeuteten Pfeil 90 in Rotation versetzt. Hierdurch wird erreicht, daß mit weiter fortschreitender radialer Verlagerung der Schneidplatte 82 die Schneidfläche 86 in Anlagekontakt mit dem Rand 76 gelangt und entsprechend dem Vorschub 88 den Rand 76 zur Ausbildung der Einlauffase 78 abträgt. Hierbei erfolgt ein ausschließliches radiales Verlagern der Schneidplatte 82. Hierdurch wird erreicht, daß die auf dem Zylinderkurbelgehäuse 12 aufgebrachte Beschichtung 74 während dieses

Anarbeitens der Einlauffase 78 keine axiale mechanische Belastung erfährt. Diese wird ausschließlich radial durch die Schneidplatte 82 angegriffen. Hierdurch ergibt sich, daß beim Anarbeiten der Einlauffase 78 im Bereich des Randes 76 keine Schichtabplatzungen, Schichtrisse oder dergleichen der Beschichtung 74 auftreten können. Diese kann somit vollkommen eben ausgebildet werden. Ein Mittenrauhwert  $r_A$  beträgt beispielsweise  $\leq 1 \mu\text{m}$  und eine mittlere Rauhtiefe  $r_z \leq 5 \mu\text{m}$ .

In Figur 4 ist ein Werkzeug 80 mit einer Schneidplatte 82 angedeutet. Bevorzugt ist vorgesehen, daß ein Werkzeug 80 mit drei Schneidplatten 82 die Einlauffase 78 anarbeiten. Hierbei sind die Schneidplatten 82 zueinander versetzt, vorzugsweise um jeweils  $120^\circ$  zueinander versetzt, angeordnet. Ferner sind die Schneidplatten 82 axial zueinander versetzt, so daß jede der Schneidplatten einen Teilabtrag der Einlauffase 78 übernimmt. Hierdurch ist das Einleiten axialer Schnittkräfte während des radialen Vorschubes 88 der Schneidplatten 82 auf die Beschichtung 74 stark reduziert. Hierdurch wird sichergestellt, daß im Bereich der Einlauffase 78 keinerlei Vorschädigungen, wie beispielsweise Schichtabplatzungen, Schichtrisse oder dergleichen der Beschichtung 74 auftreten können. Ein Übergang 96 zwischen Beschichtung 74 und Zylinderkurbelgehäuse 12 liegt in der Einlauffase 78.

Nach Anarbeiten der Einlauffase 78 erfolgt im Bearbeitungsabschnitt 39 ein Honen der Beschichtung 74. Hierbei ist in Figur 6 angedeutet, daß die Beschichtung 74 während des Honens um eine Schichtdicke  $d_H$  abgetragen wird, so daß eine Restschichtdicke  $d_R$  verbleibt.

Anschließend wird - die in den Figuren jeweils oben dargestellte Zylinderkopffläche 92 - der Zylinderkurbelgehäuse 12 geschlichtet, so daß sich ein an Figur 6 mit 94 bezeichneter Schlichtabtrag ergibt. Der Schlichtabtrag 94 ist so gewählt, daß nach Schlichten der Zylinderkopffläche 92 der Übergang 96 in der Einlauffase 78 liegt. Ein Winkel  $\alpha$ , unter dem die Einlauffase 78 zur Zylinderkopffläche 92 verläuft, beträgt zwischen  $5^\circ$  und  $45^\circ$ , insbesondere zirka  $15^\circ$ .

Durch Ausbildung der Einlauffase 78 im Bearbeitungsabschnitt 37 wird erreicht, daß im nachfolgenden Bearbeitungsabschnitt 39 die Hochpräzisionsreibahle zum Honen präzise in die beschichtete Zylinderbohrung 14 eingeführt werden kann. Während der Einführung der Reibahle entstehende axiale Belastungen der Beschichtung 74 können durch die Einlauffase 78 abgeleitet werden, so daß Schichtabplatzungen, insbesondere im Bereich des Randes 76, der Beschichtung 74 vermieden werden. Bei der späteren Montage der

Zylinderkurbelgehäuse, das heißt insbesondere beim Einführen der Zylinderkolben mit ihren Kolbenringen in die Zylinderbohrungen 14, ist die Einlauffase 78 durchgehend ausgebildet ist, so daß im Bereich der Einlauffase 78 keine Schichtränder - durch glatten Übergang 96 - vorgesehen sind, die bei einem Einführen der Zylinderkolben zu Abplatzungen oder dergleichen neigen könnten.

Insgesamt ist festzuhalten, daß durch die Überbeschichtung des Randes 76 während des thermischen Beschichtens und das Ausbilden der Einlauffase 78 eine Haftzugfestigkeit von beispielsweise  $> 30$  Mpa der Beschichtung 74 über dessen gesamte Erstreckung innerhalb der Zylinderbohrung 14, einschließlich dem Randbereich und der Einlauffase 78, gewährleistet werden kann. Diese gleichmäßige Haftzugfestigkeit führt zu einem optimalen Laufverhalten der in den Zylinderbohrungen 14 geführten Kolben. Diese wird auch nicht durch das Honen im Bearbeitungsabschnitt 39 und durch die Komplettierung mit dem Zylinderkolben beeinträchtigt.

Die Ausführungsbeispiele bezogen sich auf ein Zylinderkurbelgehäuse mit vier Zylinderbohrungen. Zur Verkürzung der Bearbeitungszeit waren Doppel-Sandstrahl-beziehungsweise Doppel-Plasmaeinheiten vorgesehen.

Selbstverständlich liegt es im Sinne der Erfindung, auch Zylinderkurbelgehäuse mit weniger oder mehr Zylinderbohrungen zu bearbeiten. Hierzu können dann auch Mehrfach-Sandstrahl-beziehungsweise Mehrfach-Plasmaeinheiten eingesetzt werden.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Zylinderkurbelgehäuse, insbesondere für eine Verbrennungskraftmaschine, mit wenigstens einer Zylinderbohrung zur Aufnahme eines Kolbens, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zylinderbohrung (14) an einer Zylinderkopffläche (92) des Zylinderkurbelgehäuses (12) eine Einlauffase (78) aufweist, und die Zylinderlauffläche (70) bis zu einem Übergang zu der Einlauffase (78) mit einer thermischen Beschichtung (74) versehen ist.
2. Zylinderkurbelgehäuse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die thermische Beschichtung (74) eine Plasmaschicht ist.
3. Zylinderkurbelgehäuse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einlauffase (78) unter einem Winkel ( $\alpha$ ) von 5 bis 45°, insbesondere von zirka 15°, zur Zylinderkopffläche (92) verläuft.
4. Zylinderkurbelgehäuse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die thermische Beschichtung (74) an ihrem oberen Abschluß eine mit der Einlauffase (78) korrespondierende Fase besitzt.
5. Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkurbelgehäuses, insbesondere für eine Verbrennungskraftmaschine, wobei eine Zylinderlauffläche wenigstens einer Zylinderbohrung mit einer thermischen Beschichtung versehen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die thermische Beschichtung zusätzlich auf einem die Zylinderbohrung umgebenden Randbereich aufgebracht wird und der Randbereich zur Ausbildung einer Einlauffase teilweise abgetragen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Randbereich vor Aufbringen der thermischen Beschichtung gebrochen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einlauffase durch ein - zur Zylinderbohrung - radial verlagerbares und in Rotation versetzbares Werkzeug angearbeitet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einlauffase durch wenigstens zwei, insbesondere drei Schneidplatten, angearbeitet wird, wobei die Schneidplatten über den Umfang der Zylinderbohrung symmetrisch verteilt eine Schneidkraft einleiten.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach Anarbeiten der Einlauffase ein Honen der Zylinderbohrung erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Honen der Zylinderbohrung ein Schlichten der Zylinderkopffläche erfolgt.

1/3

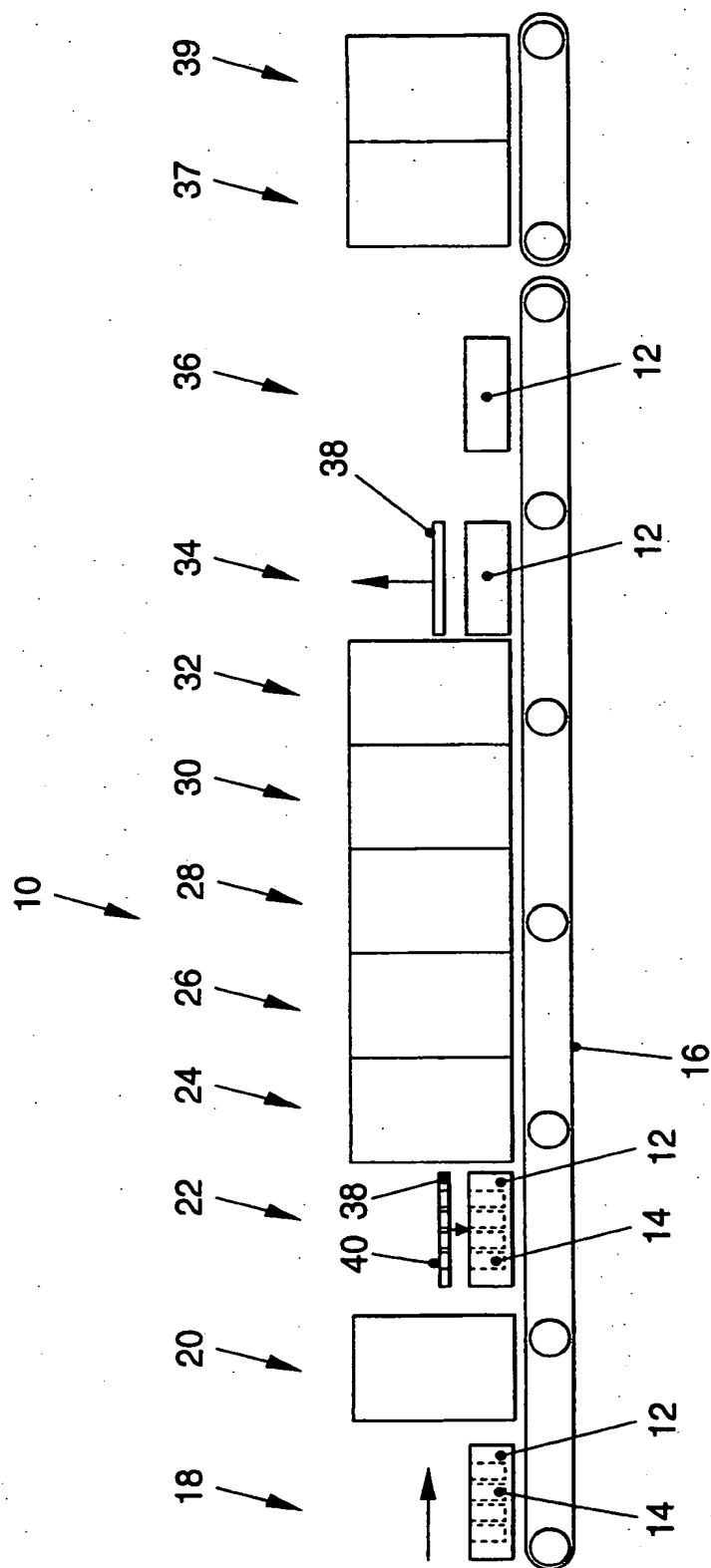


FIG. 1

2/3

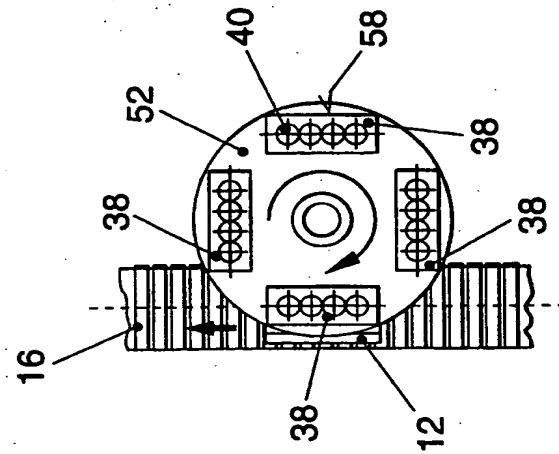
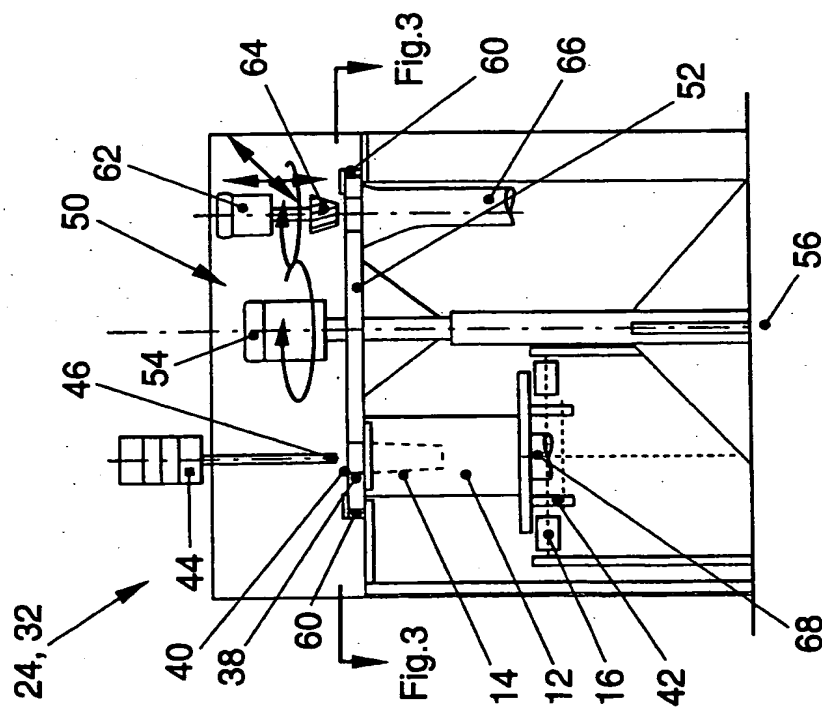


FIG. 3



**FIG. 2**

3/3

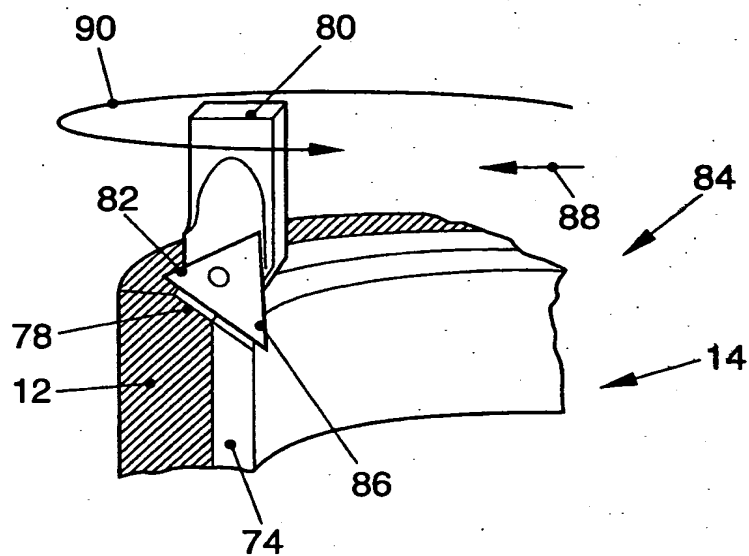


FIG. 4

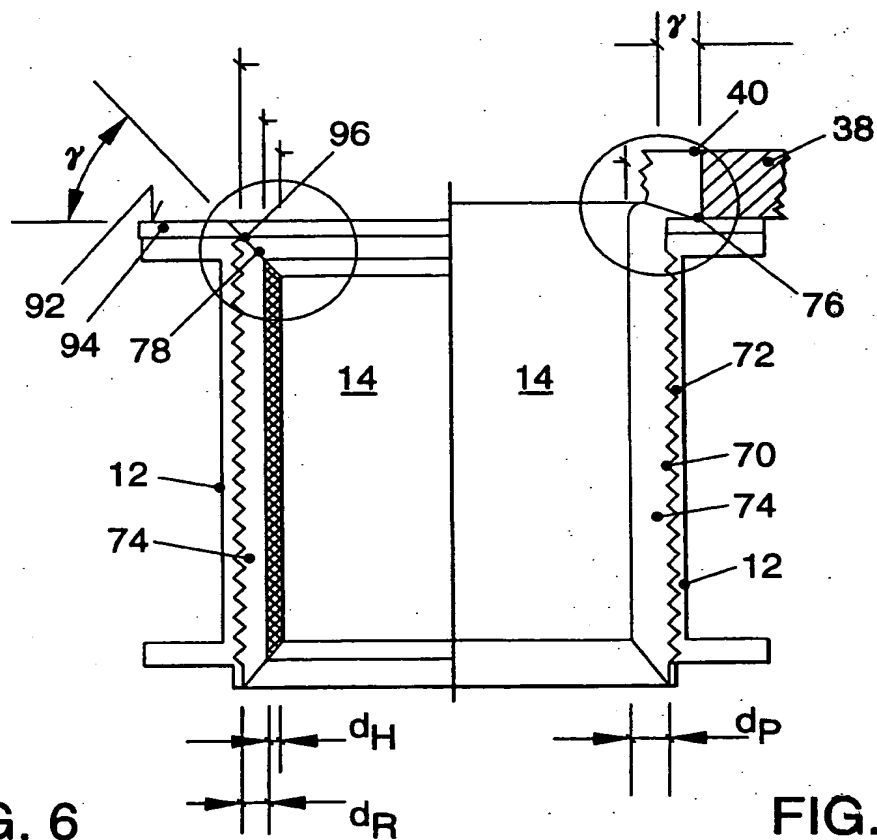


FIG. 6

FIG. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/09467

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02F1/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 199 166 A (TORIGAI KATSUMI ET AL) 6 April 1993 (1993-04-06) column 3, line 47 -column 4, line 30; figures	1-7,9
A	US 5 466 906 A (MCCUNE JR ROBERT C ET AL) 14 November 1995 (1995-11-14) abstract; figures	1
A	US 5 514 422 A (MCCUNE ROBERT C) 7 May 1996 (1996-05-07) abstract; figure 9	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 February 2000

Date of mailing of the international search report

09/02/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mouton, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/09467

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5199166 A	06-04-1993	JP 4128539 A	30-04-1992
US 5466906 A	14-11-1995	DE 19508687 A	12-10-1995
		JP 7317595 A	05-12-1995
US 5514422 A	07-05-1996	US 5976704 A	02-11-1999
		CA 2102999 A	08-06-1994
		DE 4341537 A	09-06-1994
		GB 2273109 A, B	08-06-1994
		JP 6235057 A	23-08-1994

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09467

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 F02F1/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 199 166 A (TORIGAI KATSUMI ET AL) 6. April 1993 (1993-04-06) Spalte 3, Zeile 47 - Spalte 4, Zeile 30; Abbildungen	1-7,9
A	US 5 466 906 A (MCCUNE JR ROBERT C ET AL) 14. November 1995 (1995-11-14) Zusammenfassung; Abbildungen	1
A	US 5 514 422 A (MCCUNE ROBERT C) 7. Mai 1996 (1996-05-07) Zusammenfassung; Abbildung 9	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

**Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen**

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Februar 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/02/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mouton, J



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09467

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5199166 A	06-04-1993	JP 4128539 A	30-04-1992
US 5466906 A	14-11-1995	DE 19508687 A	12-10-1995
		JP 7317595 A	05-12-1995
US 5514422 A	07-05-1996	US 5976704 A	02-11-1999
		CA 2102999 A	08-06-1994
		DE 4341537 A	09-06-1994
		GB 2273109 A,B	08-06-1994
		JP 6235057 A	23-08-1994